

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **022491**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.01.29

(51) Int. Cl. **C02F 1/04** (2006.01)

(21) Номер заявки
201290143

(22) Дата подачи заявки
2010.09.21

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ

(31) **2009904565**

(56) EP-A2-1770068
GB-B-2413321

(32) **2009.09.21**

(33) **AU**

(43) **2012.10.30**

(86) **PCT/AU2010/001242**

(87) **WO 2011/032237 2011.03.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФИНИКС УОТЕР (KY)

(72) Изобретатель:
**Урвин Питер М., О'Коннелл Майкл
Джон, Уилсон Кэтрин Мойра, Рис
Гленн (AU)**

(74) Представитель:
Поликарпов А.В. (RU)

(57) В изобретении система термической дистилляции содержит нагревательные средства и охлаждающие средства, расположенные для нагревания и охлаждения соответственно поддающейся очистке жидкости в контуре жидкости, имеющем первую секцию между выходом нагревательных средств и входом охлаждающих средств и вторую секцию между выходом охлаждающих средств и входом нагревательных средств, а также содержит ступени дистилляции, каждая из которых содержит испаритель в первой секции и конденсатор во второй секции в теплообменной связи с жидкостью во второй секции, контур газа-носителя, в котором расположены испаритель и конденсатор, и выход для отвода извлеченной жидкости, причем ступени расположены так, что их испарители расположены вдоль первой секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам, а их конденсаторы расположены в соответствующем порядке вдоль второй секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам.

B1**022491****022491****B1**

Область изобретения

Настоящее изобретение относится, в общем, к очистке в промышленных масштабах поддающейся очистке жидкости и, в частности, к очистке потоков сточных вод после производственных процессов. Более конкретно, изобретение относится к устройству и способам, которые действуют путем дистилляции жидкости из потока поддающейся очистке жидкости, содержащей растворенные твердые вещества. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения используется также связанный способ восстановления или сепарации твердых веществ.

Предпосылки изобретения

Почти неизбежно производственные технологические процессы создают потоки сточных вод. Это особенно касается таких отраслей промышленности, как электроэнергетика, добыча полезных ископаемых, целлюлозно-бумажная, нефтехимическая, фармацевтическая, пищевая промышленности, производство электронных компонентов и многие другие. Большинство потоков сточных вод, возникающих в результате этих процессов, представляют собой потоки сточных вод, характеризующиеся рядом примесей (и их концентрациями), специфических для конкретного технологического процесса. Например, с получением питьевой воды путем основанного на фильтрации опреснения морской воды связано образование потока сточных вод, характеризующегося тем, что имеет высокую концентрацию различных солей.

Традиционно широко распространенный способ очистки потоков сточных вод заключается в отделении твердых загрязнений от воды путем испарения. В промышленном масштабе это обычно достигается путем сбрасывания потока сточных вод в большие испарительные бассейны. Однако основные недостатки такого способа обусловлены тем фактом, что этот процесс является крайне медленным, допуская возможность того, что токсичные загрязнения могут попасть в почву и/или достичь уровня грунтовых вод. Кроме того, при проектировании новых промышленных предприятий часто довольно трудно выделить площадь для испарительных бассейнов требуемого размера, удовлетворяющих потребности производственного процесса.

Во многих странах мира введены строгие нормы и правила относительно обработки потоков сточных вод для защиты окружающей среды. Одной из принятых мер стала имплементация политики полностью бессточных технологий, известных как Zero Liquid Discharge (ZLD), для исключения или, по меньшей мере, минимизации потоков жидких отходов и, если возможно, регенерации жидкости (чаще всего воды) для повторного использования или безопасного удаления.

В настоящее время технологии ZLD включают обработку сточных вод обратным осмосом, флокуляцией/коагуляцией, технологией сепарации на основе смол и дистилляцией, а также сочетанием этих технологий. Одна из основных проблем реализации многих технологий ZLD заключается в дополнительных капиталовложениях и увеличении площади, занимаемой установкой. Что касается капиталовложений, ясно, что любая система на основе технологии ZLD потребует дополнительного источника энергии, что, в свою очередь, может уменьшить экологические выгоды от включения этих систем в существующие промышленные предприятия.

В основу настоящего изобретения поставлена задача устранить некоторые из недостатков известных систем и способов на основе технологий ZLD.

Краткое описание изобретения

В тексте настоящего описания и последующей формулы изобретения, если иного не требует контекст, слово "содержать" и различные его видоизменения, такие как "содержит", "содержащий" и т.п., следует понимать как подразумевающие включение указанного целого числа или этапа или группы целых чисел или этапов, но при этом не исключение любого иного целого числа или этапа или группы целых чисел или этапов.

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предлагается система термической дистилляции, содержащая

контур для переноса потока поддающейся очистке жидкости, из которого необходимо извлечь жидкость ("контур жидкости");

вход для подачи поддающейся очистке жидкости в контур жидкости ("вход для подачи жидкости");

средства для циркуляции потока поддающейся очистке жидкости по контуру жидкости;

нагревательные средства, расположенные в контуре жидкости для нагревания жидкости в потоке поддающейся очистке жидкости;

охлаждающие средства, расположенные в контуре жидкости для охлаждения жидкости в потоке поддающейся очистке жидкости,

причем контур жидкости содержит первую секцию, предусмотренную между выходом из нагревательных средств и входом в охлаждающие средства, и вторую секцию, предусмотренную между выходом из охлаждающих средств и входом в нагревательные средства,

причем система содержит также

несколько ступеней дистилляции, причем каждая ступень включает испаритель, расположенный в первой секции и предназначенный для испарения жидкости из потока поддающейся очистке жидкости, конденсатор, расположенный во второй секции так, чтобы быть в теплообменной связи с потоком под-

дающей очистке жидкости во второй секции для осуществления конденсации в конденсаторе и нагревания потока поддающейся очистке жидкости во второй секции, контур, в котором расположены испаритель и конденсатор для переноса потока газа-носителя ("транспортирующий контур"), и выход для вывода из конденсатора жидкости, извлеченной из поддающейся очистке жидкости на ступени дистилляции;

средства для циркуляции газа-носителя в каждом транспортирующем контуре, где ступени расположены таким образом, что их испарители расположены вдоль первой секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам, а их конденсаторы расположены в соответствующем порядке вдоль второй секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам.

Средства для циркуляции потока поддающейся очистке жидкости обычно будут содержать по меньшей мере один насос. Аналогичным образом, средства для циркуляции газа-носителя в каждом транспортирующем контуре обычно будут содержать по меньшей мере один насос.

В одном варианте осуществления изобретения поддающаяся очистке жидкость содержит воду, и, следовательно, извлеченной жидкостью является вода. Извлеченная вода по своему характеру может быть питьевой или почти питьевой, пригодной для орошения или возвращаемой в производственный процесс.

Конструктивное исполнение транспортирующих контуров таким образом, что каждый поток газа-носителя на ступени является операционно независимым от потока газа-носителя на одной или каждой другой ступени в системе, значительно способствует оптимизации условий эксплуатации системы. Операционной независимости можно добиться любой из нескольких физических топологий, таких как физически независимые контуры и соединенные "вложенные" контуры.

Предпочтительные варианты осуществления относятся к низкотемпературным системам термической дистилляции. В частности, предпочтительные варианты относятся к системам, в которых температура жидкости, выходящей из нагревательных средств, не превышает ее точки кипения. Еще одним предпочтительным вариантом осуществления предлагаемой системы является низкотемпературная система термической дистилляции, действующая при давлении окружающей среды.

Предпочтительно вход расположен в контуре в месте, являющимся таким, что в этом месте входная температура жидкости является близкой к температуре поддающейся очистке жидкости в контуре жидкости или такой же.

Предпочтительно система содержит средства управления/по меньшей мере один регулятор для изменения расхода газа-носителя в каждом транспортирующем контуре в зависимости от температур жидкости, входящей в каждый испаритель и выходящей из каждого испарителя, и/или расхода жидкости в потоке жидкости. Предпочтительно система содержит также средства регулирования/по меньшей мере один регулятор, предназначенный для обнаружения по меньшей мере одного из следующего: указанный расход и указанные температуры, и для эксплуатации средств управления/контроллера (контроллеров) с целью оптимизации расхода газа-носителя в каждом транспортирующем контуре.

Предпочтительно система содержит также средства для поддержания постоянным расхода жидкости в контуре жидкости. В одном предпочтительном варианте осуществления средства для поддержания расхода включают средства для обнаружения объема жидкости в системе, которые могут содержать по меньшей мере один детектор, и средства, которые могут содержать по меньшей мере один контроллер для управления расходом жидкости через вход по сигналам из средств для обнаружения объема жидкости. Таким путем может поддерживаться расход жидкости в контуре жидкости.

Оптимизация работы системы основывается, главным образом, на управлении значениями шести параметров на каждой ступени. Эти параметрами являются температура поддающейся очистке жидкости, расход газа-носителя, давление газа-носителя, объем газа-носителя, отношение расхода поддающейся очистке жидкости к расходу газа-носителя и нагрузка поддающейся очистке жидкости (или "нагрузке воды" в случае поддающейся очистке жидкости, содержащей воду), причем последний параметр является особенно критическим. Нагрузка воды - это объем поддающейся очистке воды, контактирующей с газом-носителем в данном испарителе при данном расходе. Нагрузка воды - объем воды, распределенной в испарителе предпочтительных вариантов осуществления и, в частности, объем воды, сливающийся с увлажняющей прокладки в испарителе.

Преимущественно эффективность системы в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления можно максимально повысить простым образом путем поддержания расхода поддающейся очистке жидкости практически постоянным, изменяя, если необходимо, расход газа-носителя в каждом транспортирующем контуре. Обычно система при оптимизации будет действовать с фиксированным расходом как газа-носителя (расходами, независимыми в каждом транспортирующем контуре), так и поддающейся очистке жидкости, и расход газа-носителя можно было бы изменять в случае снижения интенсивности испарения в результате слабого взаимодействия между жидкостью и газом, или поврежденной, заблокированной или забитой твердыми осадками закладочной прокладки испарителя. Кроме того, предпочтительно система конструктивно выполнена таким образом, чтобы позволить скорости жидкости в контуре жидкости, проходящей через испарители, быть достаточно высокой для обеспечения того, чтобы поверхности испарения оставались полностью смоченными, чтобы интенсивность испарения была максимально высокой. Преимущественно оба этих предпочтительных признака служат для мини-

мизации накопления осажденных твердых веществ на поверхностях испарения (т.е. для минимизации образования накипи и засорения), причем преимущество заключается в том, что систему не потребуется выводить из линии или что, по меньшей мере, просто систему можно свести к минимуму, для ремонтов/очистки из-за образования накипи и засорения испарителей.

Предпочтительно нагревательные средства и охлаждающие средства действуют и/или конструктивно исполнены таким образом, что температура поддающейся очистке жидкости, выходящей из них, управляется, и тем самым температура поддающейся очистке жидкости, входящей в испарители и конденсаторы соответственно, поддерживается постоянной.

При изменении концентрации содержания в жидкости по мере того, как жидкость извлекается из потока жидкости, и/или жидкость подается в поток через вход (с расходом потока жидкости, поддерживаемым постоянным), расход газа-носителя может корректироваться так, что газ-носитель, выходящий из испарителя в каждом контуре, поддерживается практически при 100%-ной относительной влажности. В сущности, система, воплощающая настоящее изобретение, может достигать "установившегося" режима работы в части температуры, так что работу системы можно практически оптимизировать просто путем управления расходом газа-носителя, тем самым поддерживая вышеупомянутую 100%-ную относительную влажность, без необходимости управлять еще и теплоотдачей/холодоотдачей нагревательных и/или охлаждающих средств.

В другом варианте осуществления система может использоваться для извлечения жидкости из контура жидкости без использования входа для поддержания объема жидкости в этом контуре постоянным. При этом система может действовать периодическим образом. Работа системы в таком режиме может найти преимущественное применение при восстановлении твердых веществ из жидкости (например, при восстановлении и обезвоживании твердых веществ).

Предпочтительно система может эксплуатироваться таким образом, что в каждой паре смежных ступеней газ-носитель, выходящий из конденсатора в испаритель на ступени, являющейся первой в направлении от нагревательных средств в охлаждающие средства, поддерживается при той же температуре, что и газ-носитель (и пар в нем), выходящий из испарителя в конденсатор на ступени, являющейся второй в указанном направлении. В этом отношении действие системы оптимизировано в части тепловых характеристик, поскольку температуры на подходе по обе стороны каждого испарителя идентичны, и, аналогичным образом, температуры на подходе по обе стороны каждого конденсатора идентичны. Можно показать, что, поскольку температура жидкости в соединении каждой пары испарителей постоянна, то также равны два совпадающих потока, имеющих идентичные падения температуры.

Предпочтительно система содержит также средства для извлечения из поддающейся очистке жидкости поддающихся извлечению твердых веществ, которые получают в результате извлечения жидкости из поддающейся очистке жидкости. Говоря вообще, указанными поддающимися извлечению твердыми веществами будут твердые вещества, осаждающиеся из потока жидкости при извлечении из него жидкости. Предпочтительно средства для извлечения твердых веществ представляют собой несколько сепараторов твердых веществ, причем каждый сепаратор расположен в контуре поддающейся очистке жидкости после соответствующего испарителя для приема жидкости из него. В конкретных вариантах осуществления после охлаждающих и/или нагревательных средств могут использоваться дополнительные сепараторы.

Предпочтительно система конструктивно исполнена для циркуляции потока носителя в каждом транспортирующем контуре при давлении окружающей среды. Преимущественно система, таким образом, не требует предусматривания каких-либо специальных уплотнений для поддержания газа-носителя под его рабочим давлением в транспортирующих контурах.

Предпочтительно газ-носитель включает воздух.

Предпочтительно количество ступеней равно двум. Хотя система, включающая более двух ступеней, в принципе уменьшила бы потребности в тепловой энергии за счет более близкой аппроксимации кривой энтальпии насыщенного воздуха, изобретатели установили, что, учитывая сопутствующие потери и более высокие расходы на эксплуатацию и обслуживание, связанные с большим количеством ступеней, две ступени являются оптимальными.

В одном варианте осуществления изобретения система может эксплуатироваться с основной целью концентрирования и/или осаждения содержания твердых веществ, растворенных или диспергированных в поддающейся очистке жидкости, а не получения жидкости из поддающейся очистке жидкости (например, для восстановления и обезвоживания твердых веществ). В этом варианте осуществления могут использоваться средства, которые могут содержать вентиляционное устройство, предусмотренное для отвода газа-носителя после конденсатора так, что большая часть переносимой жидкости (такой как, например, водяной пар) в газе-носителе выпускалась в атмосферу, и средства для подачи свежего газа-носителя в транспортирующие контуры.

В одном варианте осуществления изобретения система содержит также средства, которые могут содержать по меньшей мере один вход для подачи обрабатываемой текучей среды в поддающуюся очистке жидкость и/или газ-носитель для управления их химическим составом. Средства подачи обрабатываемой текучей среды могут располагаться для подачи обрабатываемой текучей среды в поток жидко-

сти. В одном варианте осуществления обрабатываемая текучая среда подается в поток жидкости в одном или нескольких испарителях в виде мелких брызг или тумана в испарительной камере каждого испарителя.

Обрабатываемая текучая среда может подаваться с одной или несколькими из следующих целей:

обработка жидкостей в системе, чтобы вызвать или предотвратить осаждение конкретных химических веществ;

обработка жидкостей с целью химического изменения ("добавления стоимости") или удаления потенциально опасных химических веществ или химических веществ, которые могут вызвать коррозию, образование накипи и/или засорение;

обработки, чтобы сделать возможной обработку сточных вод с умеренными нагрузками по органическим загрязнениям; и

обеспечение или повышение эксплуатационной эффективности процесса (обрабатываемая текучая среда с этой целью, возможно, содержит очищающую жидкость, диспергатор и/или антинакипин).

Использование обрабатываемой текучей среды может, например, увеличить или уменьшить осаждение или его скорости, иметь эффект изменения физических свойств подаваемой очистки жидкости при ее контакте с газом-носителем (с этой целью обрабатываемая текучая среда, возможно, содержит поверхностно-активное вещество или пеногаситель), и/или корректировать химическое поведение подаваемой очистки жидкости для снижения или минимизации ее агрессивности в отношении компонентов системы (например, изменение ее pH или снижение ее коррозионной активности).

Варианты осуществления, в которых используется обрабатываемая текучая среда, могут найти преимущественное применение при восстановлении твердых веществ из жидкости (например, при восстановлении и обезвоживании твердых веществ) и управлении составом подаваемой очистки жидкости и газа-носителя.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения системы могут эксплуатироваться таким образом, что обрабатываемая текучая среда вводится в контур жидкости после одного или нескольких испарителей и перед находящимся дальше сепаратором.

Система, в которой используется обрабатываемая текучая среда, предпочтительно может эксплуатироваться таким образом, что взаимодействием между обрабатываемой текучей средой и подаваемой очисткой жидкостью можно управлять.

Примерные случаи применения обрабатываемой текучей среды включают использование гашеной извести ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) для получения гидроксида магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) и кальцинированной соды (Na_2CO_3) для осаждения карбоната кальция (CaCO_3) из рассольных потоков, а также применения для повышения качества и ценности других соляных фракций.

В предпочтительных вариантах осуществления изобретения система образует часть системы экстракции, содержащей несколько систем термической дистилляции, каждая из которых воплощает настоящее изобретение.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается система экстракции, содержащая

первое устройство, содержащее по меньшей мере одну систему, описанную выше, причем вход каждой системы расположен для приема подаваемой очистки жидкости, содержащей несколько экстрагируемых составляющих, причем первое устройство предназначено для извлечения из подаваемой очистки жидкости по меньшей мере одной составляющей в твердом виде; и

второе устройство, содержащее по меньшей мере одну систему, описанную выше ("дополнительная система"), причем вход каждой дополнительной системы расположен для приема жидкости, из которой первым устройством извлечена по меньшей мере одна составляющая, причем второе устройство предназначено для извлечения из жидкости по меньшей мере одной дальнейшей составляющей в твердом виде.

В соответствии с третьим аспектом настоящего изобретения предлагается способ извлечения жидкости из подаваемой очистки жидкости, включающий следующие этапы:

циркуляцию потока подаваемой очистки жидкости ("поток жидкости") в контуре ("контур жидкости");

нагрев жидкости в потоке жидкости в определенном месте в контуре жидкости ("место нагрева");

циркуляцию в соответствующих контурах ("контуры газа-носителя") соответствующих потоков газа-носителя ("потоки газа-носителя") и контактирование в последующих местах вдоль контура жидкости после места нагрева ("места испарения") газа-носителя в соответствующих потоках газа-носителя в порядке от первого потока газа-носителя к окончательному потоку газа-носителя с подаваемой очисткой жидкостью для осуществления испарения жидкости из подаваемой очистки жидкости, тем самым образуя пар, который переносят газом-носителем в транспортирующих контурах, и осуществляют охлаждение подаваемой очистки жидкости в контуре в местах испарения;

охлаждение жидкости в потоке жидкости в месте после мест испарения ("место охлаждения");

осуществление в последующих местах ("местах конденсации") вдоль контура после места охлаждения и до места нагрева теплообмена между жидкостью в потоке жидкости и паром, который переносят в соответствующих потоках газа-носителя в порядке от окончательного потока газа-носителя к первому

потоку газа-носителя, для осуществления конденсации жидкости из потока газа-носителя и нагревания поддающейся очистке жидкости в контуре перед местом нагрева;

удаление конденсированной жидкости.

Предпочтительно в каждой паре смежных потоков газа-носителя температуру газа-носителя, выходящего из места конденсации в место испарения в потоке газа-носителя, являющемся первым в направлении от места нагрева к месту охлаждения, и температуру газа-носителя, выходящего из места испарения в место конденсации в потоке газа-носителя, являющемся вторым в указанном направлении, поддерживают равными.

Предпочтительно способ включает этап, на котором расходом газа-носителя в каждом транспортирующем контуре управляют для поддержания газа-носителя, выходящего из мест испарения, при 100%-ной относительной влажности.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения температура жидкости, выходящей из нагревательных средств, не превышает ее точки кипения, а температура жидкости, выходящей из охлаждающих средств, не ниже ее точки замерзания.

Предпочтительно способ включает также этап, на котором расход потока поддающейся очистке жидкости поддерживают постоянным.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения способ включает также этап, на котором поддерживают подачу поддающейся очистке жидкости в контур жидкости. Подачу могут поддерживать на постоянном уровне. В еще одном варианте осуществления способ включает этап, на котором жидкость извлекают без поддержания подачи, при этом извлечение осуществляют периодическим образом.

Последний вариант осуществления может найти преимущественное применение при восстановлении твердых веществ из жидкости (например, при обезвоживании твердых веществ).

Предпочтительно способ включает также этап, на котором из контура жидкости сепарируют твердые вещества, осажженные из потока жидкости при извлечении из него жидкости. Предпочтительно способ включает этап, на котором из жидкости в контуре жидкости сепарируют твердые вещества в соответствующих местах вдоль контура жидкости после мест испарения, тем самым отделяя твердые вещества от жидкости, выходящей из каждого места испарения.

Предпочтительно способ включает этап, на котором потоки носителя циркулируют при давлении окружающей среды. Преимущественно, таким образом, не требуется предусматривания каких-либо специальных уплотнений для поддержания газа-носителя под его рабочим давлением в транспортирующих контурах.

В качестве газа-носителя могут использовать любой газ, способный принимать любой пар жидкости из поддающейся очистке жидкости.

Предпочтительно в качестве газа-носителя используют воздух.

Предпочтительно количество транспортирующих контуров выбирают равным двум.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения потоки носителя циркулируют при давлении окружающей среды.

В соответствии с четвертым аспектом настоящего изобретения предлагается способ извлечения жидкости из потока поддающейся очистке жидкости, включающий следующие этапы:

(1) циркуляция потока поддающейся очистке жидкости ("поток жидкости") в контуре ("контур жидкости");

(2) нагрев жидкости в потоке жидкости в определенном месте в контуре жидкости ("место нагрева");

(3) циркуляция в соответствующих контурах ("контуры газа-носителя") соответствующих потоков газа-носителя ("потоки газа-носителя") и контактирования в последующих местах вдоль контура жидкости после места нагрева ("места испарения") газа-носителя в соответствующих потоках газа-носителя в порядке от первого потока газа-носителя к окончательному потоку газа-носителя с поддающейся очистке жидкостью для осуществления испарения жидкости из поддающейся очистке жидкости, тем самым образуют пар, который переносят газом-носителем в транспортирующих контурах, и осуществляют охлаждение поддающейся очистке жидкости в контуре в местах испарения;

(4) охлаждение жидкости в потоке жидкости в месте после мест испарения ("место охлаждения");

(5) осуществление в последующих местах ("местах конденсации") вдоль контура после места охлаждения и до места нагрева теплообмена между жидкостью в потоке жидкости и паром, который переносят в соответствующих потоках газа-носителя в порядке от окончательного потока газа-носителя к первому потоку газа-носителя, для осуществления конденсации жидкости из потока газа-носителя и нагревания поддающейся очистке жидкости в контуре перед местом нагрева;

(6) удаление конденсированной жидкости.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения на этапе (1) поддающуюся очистке жидкость нагревают до температуры, не превышающей ее точку кипения.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения на этапе (4) поддающуюся очистке жидкость охлаждают до температуры не ниже ее точки замерзания.

В одном предпочтительном варианте осуществления, в котором в качестве потока поддающейся очистке жидкости используют поток поддающейся очистке воды (например, поток сточных вод), на этапе (1) поддающуюся очистке жидкость нагревают до температуры, не превышающей 80°C, а на этапе (4) поддающуюся очистке жидкость охлаждают до температуры не ниже ее точки замерзания. Предпочтительнее на этапе (1) нагревают до температуры, не превышающей 80°C, а на этапе (4) охлаждают до температуры не ниже 15°C.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения, в котором в качестве потока поддающейся очистке жидкости используют поток поддающейся очистке воды, на этапе (1) поддающуюся очистке жидкость нагревают до температуры, не превышающей 80°C, а на этапе (4) поддающуюся очистке жидкость охлаждают до температуры не ниже 15°C.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения твердые вещества отделяют от потока поддающейся очистке жидкости после по меньшей мере одного из испарителей.

В одном предпочтительном варианте осуществления способ включает этап, на котором твердые вещества отделяют после того, как жидкость транспортируют через каждый из испарителей. Соответственно, если в способе используют два испарителя, то в способе будут использовать и два этапа сепарации - по одному для каждого испарителя. Однако для некоторых случаев применения после охлаждающих и/или нагревательных средств могут использовать дополнительные сепараторы.

В соответствии с пятым аспектом настоящего изобретения предлагается использование системы или способа, описанных выше, для концентрирования и/или осаждения твердых веществ, растворенных или диспергированных в поддающейся очистке жидкости.

Краткое описание графического материала

Ниже настоящее изобретение описывается на примере, не ограничивающем его объем, со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 представляет собой блок-схему, на которой показана общая топология системы термической дистилляции в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 2А представляет собой блок-схему, на которой показана примерная рабочая реализация топологии, показанной на фиг. 1, в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 2В содержит таблицы с перечнем данных, связанных с реализацией, показанной на фиг. 2А;

на фиг. 3 приведена расшифровка условных обозначений, использованных на фиг. 4-14;

фиг. 4 представляет собой блок-схему, на которой показана двухступенчатая система дистилляции в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 5 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов подачи воды в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 6 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов воздушного контура первой ступени в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 7 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов воздушного контура второй ступени в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 8 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов контура рециркуляции первой ступени в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 9А и 9В представляют собой схемы способа и контрольно-измерительных приборов контура рециркуляции второй ступени в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 10 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов выхода воды в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 11 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов этапа нагрева в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 12 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов этапа охлаждения в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 13 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов этапа восстановления твердых веществ в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 14 представляет собой схему способа и контрольно-измерительных приборов системы восстановления остаточных твердых веществ в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 15 схематически представляет устройство границы раздела между химическими системами или фазами системы в соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения;

фиг. 16А и 16В представляют собой схематический вид сверху и схематический вид сбоку соответственно, показывающие детали устройства границы раздела между химическими системами или фазами; фиг. 17 иллюстрирует многоблочный способ и систему в соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения.

Общие реализации изобретения

Термин "система" в значении, используемом в тексте настоящего описания, может означать "устройство".

Следует отметить, что термин "поддающаяся очистке жидкость" в значении, используемом в тексте настоящего описания, относится к любой жидкости, требующей очистки системой согласно настоящему изобретению и включающей смеси жидкостей вместе с жидкостями с растворенными или диспергированными твердыми веществами. Обычно поддающейся очистке жидкостью будет жидкость, которая использовалась в производственном процессе. Эта жидкость может называться жидкими стоками или выходящими стоками, и по своему характеру чаще всего является водной (например, сточные воды). Следует, однако, отметить, что не все потоки жидкости, выходящие из производственного процесса, являются сбросными потоками, поскольку некоторые потоки жидкости могут содержать ценные соли или минералы. Следовательно, термин "поддающаяся очистке жидкость" следует понимать как означающий потоки жидкости, являющиеся сбросными потоками и, следовательно, требующими очистки предлагаемой системой, чтобы исключить или, по меньшей мере, минимизировать потенциальное вредное воздействие на окружающую среду, или потоки жидкости, содержащие потенциально ценные материалы и требующие обработки предлагаемой системой, чтобы восстановить эти материалы. В обоих сценариях извлеченная жидкость может восстанавливаться и использоваться либо повторно, либо в других применениях, что подробнее рассмотрено ниже.

Термин "обрабатываемая текучая среда" в значении, используемом в тексте настоящего описания, относится к любой жидкости или газу, вводимой или вводимому в систему согласно изобретению для управления внутренней химической средой (т.е. циркуляция поддающейся очистке жидкости и/или газаносителя).

Таким образом, настоящее изобретение может использоваться для обработки жидкости, полученной из ряда разных источников. В одном предпочтительном варианте осуществления поддающейся очистке жидкостью может быть водный солевой раствор (такой как солоноватая вода, морская вода, промышленные солевые растворы и т.д.). Кроме того, источником поддающейся очистке жидкости могут быть сельское хозяйство (например, поверхностный сток, содержащий почву, азот, фосфор и пестициды), металлургическая промышленность (например, охлаждающая вода, загрязненная "растворимыми побочными продуктами металлов", например хлоридами цинка и железа), шахты и карьеры (например, шлам, содержащий частицы горной породы/минералов в воде), пищевая промышленность (например, вода с концентрациями биохимической потребности в кислороде и взвешенными твердыми частицами), комплексная промышленность органического синтеза (например, охлаждающая вода, загрязненная нефтехимическими продуктами), водоочистные сооружения (например, вода, богатая ионами жесткости), атомная промышленность (например, охлаждающая вода, загрязненная радием и продуктами его распада) и т.п.

Вышеупомянутые системы и способы могут действовать с использованием следующих компонентов и методологий.

Нагревательные средства.

Поток жидкости частично нагревается при протекании через несколько конденсаторов, расположенных во второй секции контура жидкости. В каждом конденсаторе тепло передается из потока газаносителя в поток жидкости, при этом газ-носитель в потоке газа-носителя охлаждается, а жидкость в потоке жидкости нагревается. Однако до того как поток жидкости, выходящий из последнего конденсатора, расположенного во второй секции контура жидкости, сможет попасть в первый испаритель, расположенный в первой секции контура жидкости, поток жидкости должен пройти дальнейшее нагревание, чтобы поддержать необходимую тепловую движущую силу через систему дистилляции (предпочтительно полная разность температур между источниками нагревания и охлаждения по меньшей мере 15°C). Для этой цели могут использоваться любые нагревательные средства, подходящие для нагревания потока жидкости.

Нагревательные средства в предпочтительных вариантах осуществления изобретения содержат источники низкопотенциального тепла, такие как источники низкотемпературного сбросного тепла и возобновляемые источники тепла. Примеры источников низкотемпературного сбросного тепла включают среди прочих пар, дизель, уголь, нефтяной кокс, мусор и атомную энергию. Этими источниками тепла могут являться или содержать котлы, газогенераторы, нагреватели, печи, газовые турбины, паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания и т.д., используемые в сфере коммунального хозяйства (например, снабжение энергией), в тяжелой промышленности (например, сталелитейной, алюминиевой, медной, цементной, целлюлозно-бумажной, стекольной, по производству кальцинированной соды, рециркуляции отходов), на очистительных заводах (например, нефтеперегонных заводах), в установках газификации, на химических заводах (например, заводах по производству хлора и щелочи, винила), в мусоро-

сжигательных печах и т.д. Примеры возобновляемых источников тепла включают среди прочих солнечную энергию, геотермальную энергию, биомассу и синтетический газ.

Ясно, что в вышеупомянутых вариантах осуществления настоящее изобретение может брать энергию из источников низкопотенциального тепла и в этом отношении может включать улавливание и использование нагретых парниковых газов, таких как CO_2 , или биологически опасных газов.

Таким образом, в этом варианте осуществления предлагаемая система обеспечивает определенные экологические, а также экономические преимущества, особенно в контексте предвиденных схем международной торговли выбросами.

Типично, поток жидкости нагревается посредством непрямого контакта с греющим потоком в теплообменнике. Греющим потоком может быть сам источник низкопотенциального тепла (например, пар, отводимый из паровой турбины, используемой на целлюлозно-бумажном комбинате), или же греющим потоком может быть текучая среда, предварительно нагретая источником низкопотенциального тепла (например, вода, предварительно нагретая в системе солнечного теплового коллектора). Теплообменник может выбираться из группы, включающей среди прочих кожухотрубные теплообменники, пластинчатые теплообменники, теплообменники из оребренных труб и установки регенерации отходящего тепла.

Охлаждающие средства.

Поток жидкости частично охлаждается при протекании через несколько испарителей, расположенных в первой секции контура жидкости. В каждом испарителе тепло передается из потока жидкости в поток газа-носителя, при этом жидкость в потоке жидкости охлаждается, а газ/пар в потоке газа-носителя нагревается. Однако до того как поток жидкости, выходящий из последнего испарителя, расположенного в первой секции контура жидкости, сможет попасть в первый конденсатор, расположенный во второй секции контура жидкости, поток жидкости должен пройти дальнейшее охлаждение, чтобы поддержать необходимую тепловую движущую силу через систему дистилляции. Для этой цели могут использоваться любые средства, подходящие для охлаждения потока жидкости.

Предпочтительно поток жидкости охлаждается охлаждающими средствами/одним или несколькими охладителями, выбранным или выбранным из группы, включающей среди прочих охлаждающие аппараты (например, электрические, абсорбционные, гибридные), технологию ледяной гидросмеси, подземное охлаждение, охлаждение морской водой и охлаждение в глубоких озерах.

Испарители.

Термин "испаритель" в значении, используемом в тексте настоящего описания, относится к любому механическому устройству, которое может осуществлять преобразование жидкости в ее соответствующую газообразную или парообразную форму. Увлажнители представляют один из видов испарителя и часто связаны с образованием водяного пара из жидкой воды.

В каждом испарителе, расположенном в первой секции контура жидкости, жидкость испаряется из потока жидкости в поток газа-носителя, тем самым концентрируя поток жидкости и увлажняя поток газа-носителя, предпочтительно до точки насыщения (100%-ная относительная влажность).

Типы испарителей, которые могут использоваться в соответствии с настоящим изобретением, включают среди прочих испарители с естественной циркуляцией, испарители с принудительной циркуляцией, выпарные аппараты с опускающейся пленкой жидкости, выпарные аппараты с поднимающейся пленкой жидкости и плиточные испарители.

Конденсаторы.

Термин "конденсатор" в значении, используемом в тексте настоящего описания, относится к любому механическому устройству, которое может осуществлять преобразование газа или пара в его соответствующую жидкую форму. Осушители представляют один из видов конденсатора и часто связаны с образованием жидкой воды из водяного пара.

В каждом конденсаторе, расположенном во второй секции контура жидкости, пар жидкости конденсируется из потока газа-носителя, тем самым осушая поток газа-носителя и создавая поток дистиллированной жидкости, отводимой из процесса.

Конденсаторы, используемые в предпочтительных вариантах осуществления изобретения, обычно представляют собой теплообменники и, в частности, теплообменники из оребренных труб или конденсирующие змеевики. Поток жидкости протекает внутри трубы (труб) теплообменника, а поток газа-носителя протекает по наружным ребрам, и при этом на наружных ребрах конденсируется жидкость. Аналогичным образом, если конденсаторы представляют собой кожухотрубные теплообменники, поток жидкости и поток газа-носителя обычно протекают на стороне труб и стороне кожуха соответственно, при этом на наружной стороне труб конденсируется дистиллированная жидкость.

Сепараторы.

Извлечение дистиллированной жидкости из потока жидкости путем испарения концентрирует поток поддающейся очистке жидкости. Поэтому сразу же после каждого испарителя, расположенного в первой секции контура жидкости, предусмотрен сепаратор для извлечения части твердых веществ из потока жидкости и, следовательно, облегчения протекания потока жидкости по контуру жидкости.

Типично, для того чтобы сделать возможными отделение и восстановление твердых веществ (таких как ил, шлам или кек) из потока поддающейся очистке жидкости, используются методы кристаллизации

и седиментации (осаждения).

Другие компоненты.

Поддающаяся очистке жидкость может непрерывно подаваться в контур жидкости (для пополнения жидкости и твердых веществ, извлеченной и восстановленных из потока жидкости) любыми соответствующими средствами ввода.

В предпочтительных вариантах осуществления изобретения потоки жидкости и газа-носителя циркулируют по контурам жидкости и газа-носителя соответственно через сеть трубопроводов и техническое оборудование (клапаны, насосы, вентиляторы и т.д.), которыми управляет система управления, непрерывно контролирующая и регулирующая различные параметры технологического процесса (температуру, давление, расход, уровень, влажность и т.д.).

**Дополнительная факультативная обработка, которая может выполняться
в самих предлагаемых системах и способах**

Предварительная обработка.

Следует отметить, что перед вводом в предлагаемую систему или способ может потребоваться обработка подающейся очистке жидкости (например, сбросной воды).

Предварительная обработка подающейся очистке жидкости может включать удаление твердых веществ фильтрацией. Это является особенно предпочтительным для нерастворимых частиц размером, большим или равным 40 мкм. Фильтрация может достигаться при помощи известных устройств микрофильтрации (МФ) и ультрафильтрации (УФ). Если подающейся очистке жидкостью является вода, полученная из естественного источника (например, морская или речная вода), этап предварительной обработки может также предпочтительно включать удаление растворенного органического углерода (РОУ) и летучие органические соединения (ЛОС). Хотя РОУ и ЛОС обычно происходят из естественного органического вещества, ясно, что ЛОС могут происходить из потоков подающейся очистке жидкости многих производственных процессов. Удаление РОУ может достигаться нанофильтрацией (НФ) и обратным осмосом (ОО) или путем ионного обмена с помощью ионообменных смол и безэтанольной хроматографии. Другие способы удаления включают использование химических флокулянтов и/или коагулянтов.

Внутрисистемная обработка.

Как уже отмечалось, системы в соответствии с конкретными вариантами осуществления настоящего изобретения могут использоваться для подачи обрабатываемой текучей среды в целях управления внутренней химической средой подающейся очистке жидкости и/или газа-носителя. В вариантах осуществления, используемых для очистки конкретных подающихся очистке жидкостей, обрабатываемая текучая среда может вводиться в поток подающейся очистке жидкости в целях регулирования состава подающейся очистке жидкости и образования побочных продуктов, происходящих из подающейся очистке жидкости, и управления ими.

Эти варианты осуществления могут включать встроенную систему для управляемой подачи обрабатываемой текучей среды и/или включать устройство границы раздела между химическими системами или фазами. Предпочтительно обрабатываемая текучая среда вводится в контур подающейся очистке жидкости системы сразу же за каждым или выбранным из испарителей и до соответствующих сепараторов.

Предпочтительно введение обрабатываемой текучей среды представляет собой управляемое диспергирование обрабатываемой текучей среды в поток подающейся очистке жидкости.

Варианты осуществления изобретения, в которых используются обрабатываемые текучие среды, предпочтительно конструктивно исполнены для автоматического управления или обеспечения ручного управления объемом и/или температурой обрабатываемой текучей среды и газа-носителя, причем эти объем и/или температура могут изменяться в результате химических реакций с вовлечением обрабатываемой текучей среды, и тем самым могут поддерживаться или восстанавливаться оптимальные или предпочтительные условия (в которых система работала до подачи обрабатываемой текучей среды). В этом отношении система согласно изобретению может включать средства, которые могут содержать по меньшей мере один контроллер, для управления давлением/объемом газа-носителя путем управляемого отвода или управляемого впуска увлажненного газа-носителя в контуры газа-носителя, причем впускенный газ-носитель в случае, если он является воздухом, предпочтительно является увлажненным.

Последующая обработка.

Может потребоваться дальнейшая обработка твердых веществ, восстановленных из потока жидкости. Эта дальнейшая обработка может включать обезвоживание (например, с помощью испарителей) и/или очистку твердых веществ. Обезвоживание может использоваться, например, когда твердые вещества имеют малую коммерческую ценность и поэтому должны удаляться на мусорные свалки, или если твердые вещества являются нетоксичными и имеют питательную ценность и поэтому должны использоваться в кормовых добавках животным или удобрениях. Методы очистки, которые могут использоваться, также будут зависеть от ценности, токсичности и химической природы восстановленных твердых веществ. Примеры включают кристаллизацию, жидкостную экстракцию, магнитную сепарацию, фильтрацию, осаждение под действием силы тяжести, осаждение центрифугированием и т.д. Эти методы очистки могут включать использование барабанных магнитных сепараторов, барабанных вращающихся филь-

тров, гидроциклонов, сгустителей, осветлителей, отстойников, центрифуг и т.д. Типы твердых веществ, которые могут сепарироваться или восстанавливаться и, факультативно, очищаться в соответствии с настоящим изобретением, включают соли (например, соли Mg, Ca, Li, Na, K, Ag и т.д.), минералы, металлы (например, Cd, U, Hg, As и т.д.).

Аналогичным образом, может потребоваться дальнейшая обработка дистиллированной жидкости (например, воды), извлеченной из потока поддающейся очистке жидкости. Тип последующей обработки, которой будет подвергнута извлеченная жидкость, будет зависеть от самой жидкости и ее конечного применения. Например, извлеченной жидкостью может быть вода, предназначенная для использования в качестве питьевой воды. Кроме того, последующая обработка может включать дезинфекцию, проводимую в соответствии с требованиями государственных стандартов к качеству воды. Обычно методы дезинфекции включают использование химических дезинфицирующих средств, таких как хлориды, хлорамины, диоксид хлора, озон, марганцовокислый калий, пероксон и т.д. Соответствующего уровня дезинфекции можно добиться и при облучении дистиллированной или извлеченной воды ультрафиолетовым излучением. Таким образом, настоящее изобретение может использоваться вместе с другими типовыми процессами, такими как озонирование и очистка воды с использованием гранулированного активированного угля (ГАУ). Следует, однако, отметить, что настоящее изобретение обеспечивает значительную выгоду при производстве питьевой или рекуперированной воды благодаря тому, что оно не основывается на мембранной технологии (НФ, МФ, УФ или ОО), и поэтому оно позволяет очищать соленую и солоноватую воду с высоким общим содержанием растворенных твердых веществ (TDS) более 300000 млн⁻¹ соли. Максимальные уровни в млн⁻¹ ограничиваются только точкой насыщения содержащихся солей. Если извлеченная вода подлежит рециркуляции или повторному использованию в производственном процессе, последующая обработка может включать добавку химических веществ, таких как поверхностно-активные вещества, пенообразователи, эмульгаторы и т.д. Если извлеченная вода предназначена для удаления путем сброса в водоток (например, в реку или море), последующая обработка может включать оперативный химический анализ извлеченной воды для обеспечения ее соответствия критериям безопасной утилизации.

Дополнительные преимущества.

Различные отличительные признаки, описанные выше, обеспечивают ряд важных преимуществ по сравнению с обычными технологиями обработки жидкостей. В частности, система и способы термической дистилляции согласно настоящему изобретению могут обеспечивать обработку несколько входящих потоков, блочную и наращиваемую конструкцию, использование источников низкопотенциального тепла, высокий тепловой коэффициент полезного действия, малое засорение, высокое восстановление жидкости и восстановление твердых веществ с помощью технологий ZLD с возможностью селективного сбора твердых веществ (SSH). Еще одним важным преимуществом предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения является гибкость использования системы/способа как независимой установки обработки жидкости или, альтернативно, как связанной установки обработки жидкости, сообщаемой с одной или несколькими существующими технологическими установками (которые, таким образом, могут модернизироваться). Последнее устройство является особенно удобным, когда нагревание в системе/способе достигается посредством потока низкопотенциального сбросного тепла, образующегося в разных технологических установках одного и того же предприятия.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления.

Система термической дистилляции, показанная на фиг. 1, содержит устройство 50, которое включает первую (2A) и вторую (2B) ступени, причем первая ступень 2A содержит испаритель E1, конденсатор C1 и контур газа-носителя, в котором расположены испаритель E1 и конденсатор C1, а вторая ступень 2B содержит испаритель E2, конденсатор C2 и контур газа-носителя, в котором расположены испаритель E2 и конденсатор C2, а также включает нагревательные средства (H), охлаждающие средства (C), вход, который в этом варианте осуществления образован смесителем потока жидкости (M), который обеспечивает подачу сбросной воды, коллектор сепаратор твердых веществ (S1 и S2), коллектор твердых веществ (SC) и приемник воды (WR). Подача сбросной воды (1) поступает в поток жидкости 3 через смеситель M, после чего сбросная вода протекает в направлении, указанном стрелками. Поток жидкости 3 протекает через конденсаторы (C2, затем C1). Затем поток жидкости (3) протекает через нагревательные средства H, где он нагревается перед тем, как попасть в испарители (E1, затем E2), которые находятся сразу же за сепараторами S1 и S2 соответственно. Твердые вещества, восстановленные из сепараторов S1 и S2, переносятся в коллектор твердых веществ SC по линии 5. Потоки газа-носителя в замкнутом контуре (первый из которых содержит части потока 7 и 8, а второй из которых содержит части потока 9 и 10) извлекают водяной пар из потока жидкости (3) в испарителях E1 и E2, а затем транспортируют водяной пар в конденсаторы C1 и C2 соответственно. Затем поток жидкости 3 протекает через охлаждающие средства C, где он охлаждается перед тем, как повторно попасть в конденсаторы (C2, затем C1). Вода, восстановленная из конденсаторов (C2, затем C1), направляется в приемник WR по линии 11.

Поток жидкости 3 протекает по контуру 4, который содержит первую секцию 4A, расположенную между выходом из нагревательных средств и входом в охлаждающие средства, и вторую секцию 4B, расположенную между выходом из охлаждающих средств и входом в нагревательные средства. Испари-

тели E1 и E2 расположены в первой секции 4А, а конденсаторы C1 и C2 расположены во второй секции 4В. Ступени 2А и 2В расположены так, что их испарители E1 и E2 соответственно расположены вдоль первой секции 4А в направлении от нагревательных средств Н к охлаждающим средствам С в том же порядке, что и их конденсаторы C1 и C2 вдоль второй секции 4В в направлении от нагревательных средств Н к охлаждающим средствам С. Иными словами, ступени 2А и 2В расположены так, что их испарители E1 и E2 расположены вдоль первой секции 4А в направлении от нагревательных средств Н к охлаждающим средствам С, а их конденсаторы C1 и C2 расположены в соответствующем порядке вдоль второй секции 4В в направлении от нагревательных средств Н к охлаждающим средствам С.

Ясно, что вход сбросной воды может располагаться в другом месте контура, при этом его положение выбирается таким, чтобы лучше всего соответствовать температуре и химическому составу воды на входе и избежать нежелательного осаждения.

На фиг. 2А показана система термической дистилляции, содержащая устройство 50 той же топологии, что и описана выше для фиг. 1, и дополнительно приведены - лишь для примера - конкретные детали термодинамики, лежащие в основе системы. В табл. 1-6 на фиг. 2В приведена информация о температурах на входе средств нагревания и охлаждения, расходе потока нагревания и холодильного агента, характеристиках блока холода, характеристиках блока тепла, константах и термодинамических характеристиках. Подача сбросной воды 1 поступает в поток жидкости 3 через смеситель М. Поток жидкости 3 протекает с практически постоянным расходом 5,00 л/с по контуру жидкости. Поток жидкости 3 поступает в конденсатор C2 при температуре 25,0°C и выходит из конденсатора C2 при температуре 45,2°C. Затем поток жидкости 3 при температуре 45,2°C поступает в конденсатор C1, в котором температура потока 3 повышается до 63,6°C. После выхода потока 3 из конденсатора C1 его температура далее повышается до 70,0°C в нагревательных средствах Н. Поток жидкости 3 поступает в испаритель E1 при температуре 70,0°C и выходит из испарителя E1 при температуре 51,6°C. Затем поток жидкости 3 при температуре 51,6°C поступает в испаритель E2, в котором температура потока 3 снижается до 31,4°C. После того как поток 3 выходит испарителя E2, температура потока 3 далее снижается до 25,0°C в охлаждающих средствах С. Что касается потоков газа-носителя в замкнутом контуре (потока 1, содержащего части 7 и 8, и потока 2, содержащего части 9 и 10), поток 1 протекает со скоростью 1,14 м³/с, а поток 2 протекает со скоростью 2,60 м³/с.

Температуры частей 7 и 8 равны 65,6 и 47,2°C соответственно, а температуры частей 9 и 10 равны 47,2 и 27,0°C соответственно. Соответственно предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения, проиллюстрированный на фиг. 2А, представляет, по существу, адиабатический процесс. Этот термодинамический баланс достигается следующими двумя путями: (1) энергия, связанная с охлаждением жидкости в потоке 3 и нагреванием потока воздуха-носителя в испарителях E1 и E2, эквивалентна энергии, связанной с нагреванием жидкости в потоке 3 и охлаждением потока воздуха-носителя в конденсаторах C1 и C2 соответственно; и (2) энергия, связанная с испарением воды из жидкости в потоке 3 в испарителях E1 и E2, эквивалентна энергии, связанной с конденсацией воды из потока воздуха-носителя в конденсаторах C1 и C2 соответственно. Ясно, что тепловая энергия, поступающая в систему, главным образом, с помощью нагревательных средств, должна быть равна тепловой энергии, выходящей из системы, главным образом, посредством охлаждающих средств.

Кроме того, система может содержать устройство, подающее в систему обрабатывающую текучую среду для управления внутренней химической средой системы. Как показано на фиг. 15, 16А и 16В, одно такое устройство содержит устройство границы раздела 20, конструктивно выполненное для подачи обрабатывающей текучей среды в нижнем положении в (соответствующей) испарительной камере 22 каждого испарителя Е между испаряющим "набивочным" материалом и основным резервуаром 24 испарителя E1/E2. Сепаратор твердых веществ S может представлять собой, например, гидроциклон.

Как показано на фиг. 16А и 16В, устройство границы раздела между химическими системами или фазами 20 содержит один или несколько насосов 31, распределительный контур или коллектор 33, в который/через который обрабатывающая текучая среда закачивается насосом (насосами) 31, причем контур/коллектор выполнен с конструкцией с форсунками 35, через которые обрабатывающая текучая среда подается в камеру 22 с расходящейся формой распыла 37. Форсунки 35 распределены по внутренней стороне камеры 22 более или менее равномерно.

Устройство границы раздела 20 может содержать устройство 39 для удаления и/или промывки газа-носителя, что может оказаться необходимым или желательным для компенсации воздействий на систему текучей среды химической обработки, причем устройство 39, в частности, предназначено для управления давлением/объемом газа и/или извлечения из газа (например, с помощью активированного угля) химических веществ, образованных как следствие химической обработки.

Устройство границы раздела 20 может, альтернативно или дополнительно, содержать вход 41 для подачи газа-носителя, который может представлять собой отфильтрованный увлажненный воздух, для пополнения газа-носителя, потребленного в результате химической обработки.

Система предпочтительно разработана так, что система каналов над устройством границы раздела 20 минимизирует поток воздуха в зоне границы раздела между химическими системами или фазами. Если вероятно большое образование газа из устройства границы раздела, может быть соответствующим

отвод в месте границы раздела с тем, чтобы минимизировать влияния на нормальные рабочие потоки воздуха. Альтернативно, если реакции при химической обработке приводят к потреблению больших объемов газа-носителя, может потребоваться подвод газа-носителя для пополнения уровней газа-носителя. Преимущественно использование форсунок со свободным потоком, обеспечивающих горизонтальную форму мелкого распыла химической жидкости с максимальным горизонтальным покрытием зоны границы раздела, может оптимизировать доставку обрабатываемой текучей среды (в частности, максимизация взаимодействия и смешивания между обрабатываемой текучей средой и падающей технологической жидкостью). Предпочтительно объем доставки является регулируемой переменной с таким расчетом, чтобы не нарушать форму распределения или размер капелек обрабатываемой текучей среды.

Насос (насосы) 31 и связанная с ними система клапанов в контуре 33 предпочтительно управляются программируемым логическим контроллером и регулируются выходными сигналами конкретных аналитических контрольно-измерительных приборов (которые могут включать приборы для измерения pH, удельной проводимости и плотности, содержания взвешенных твердых веществ и/или температуры). Система может быть конструктивно исполнена для хранения и подачи более одной обрабатываемой текучей среды - независимо или в сочетании. Может быть предпочтительным, если при использовании разных обрабатываемых текучих сред они будут храниться в разных соответствующих емкостях.

Любой ввод химических веществ в границе раздела потребует управления на основе химического состава технологической воды (стехиометрические добавки). Для обеспечения оптимальной эффективности реакции потребуются моделировать эффективность смешивания технологических и вводимых химических веществ и соответственно корректировать концентрацию и расходы доставки химических веществ. В применимых случаях устройство границы раздела должно будет доставлять осажденные твердые вещества с расходом и размерами, с которыми сможет справиться гидроциклон. Кроме того, в применимых случаях моделирование образования осадков между гидроциклонами и конденсирующими теплообменниками должно быть таким, чтобы обеспечить, что расходы добавок химических веществ не приведут к засорению теплообменников. Более того, в применимых случаях условия технологического процесса должны корректироваться для компенсации изменений температур технологической жидкости и температур газа/воздуха вследствие реакций в границе раздела. При использовании обрабатываемой текучей среды необходимо учитывать смоделированные изменения объемов и температуры отведенного/впущенного газа/воздуха. В случае химической обработки, создающей большие объемы газов или опасные/горючие газы, могут быть необходимыми или желательными удаление и промывание. С другой стороны, в случае химической обработки, приводящей к потреблению больших объемов газа-носителя или образованию опасных/горючих газов, может быть необходимым или желательным впуск газа-носителя.

Система 100 в соответствии с еще одним вариантом осуществления показана на фиг. 17, при этом система 100 содержит четыре системы/устройства 50 в соответствии с описанным выше вариантом осуществления, обозначенные 50A, 50B, 50C и 50D. Система используется в целях бессточной эксплуатации и селективного сбора твердых веществ. В системе 100 блоки 50A и 50B работают одновременно/в тандеме, причем блоки 50A, 50B принимают подвод 1 поддающейся очистке жидкости, содержащей, например, составляющие в виде растворенных солей V, W, X, Y и Z. Поддающаяся очистке жидкость может вводиться в блоки 50A, 50B на разделенных во времени ступенях, так что соли твердых веществ V, W и X могут извлекаться из поддающейся очистке жидкости последовательно после каждой ступени ввода, т.е. периодическим образом. Для каждой ступени ввода, после извлечения твердых веществ V, W, X, то, что остается TW' от поддающейся очистке жидкости, содержащее оставшиеся растворенные соли Y, Z, отводится из блоков 50A, 50B на вход емкости для воды 40. Остаточная вода RW, извлеченная из шламов, поданных в коллекторы твердых веществ SC в блоках 50A и 50B (для получения твердых веществ V, W, X), отводится в емкость остаточной воды 42.

Таким образом, блоки 50A и 50B работают параллельно, причем каждый привносит остаточную воду RW, которая поступает в емкость 42, а частично очищенная вода TW' поступает в емкость 40, и при этом скорости производства выше, чем они были бы, если бы вместо них использовался лишь один блок 50. Ясно, что блоки 50A и 50B представляют собой, таким образом, одиночное устройство для извлечения твердых веществ 80, которое в других вариантах осуществления может содержать любое количество (т.е. один или несколько) блоков 50.

После того как в емкости 40 скапливается достаточно частично очищенной воды TW', частично очищенная вода TW' отводится из емкости 40 в блок 50C, назначением которого в этом варианте осуществления является извлечение твердых веществ Y, Z, которые, возможно, требуется извлечь лишь как смесь твердых веществ (а не собирать отдельно).

Остаточная вода RW'', представляющая собой сочетание остаточной воды RW', выходящей из коллектора твердых веществ SC блока 50C (которая остается после извлечения твердых веществ Y, Z из шлама, подаваемого в этот коллектор), и того, что остается TW'' от частично очищенной воды, циркулирующей в блоке 50C (после извлечения Y, Z), также отводится в емкость 42.

После того как в емкости 42 скапливается достаточно остаточной воды R, остаточная вода R отводится из емкости 42 в блок 50D. Поскольку остаточную воду R получают в результате механического

обезвоживания не только шлама, богатого Y, Z в блоке 50C, но и из шламов, богатых V, W, X, в блоках 50A и 50B, она содержит определенные количества каждого из V, W, X, Y и Z. В представленном варианте осуществления блок 50D используется для получения выхода твердых веществ, содержащего смесь V, W, X, Y и Z. Остаточная вода R, поступающая в емкость 42, дополнительно включает выход остаточной воды RW" в результате механического обезвоживания для извлечения этой смеси твердых веществ в коллекторе твердых веществ SC блока 4. Чистая вода, содержащая объединенные выходы из приемников воды WR в блоках 50A, 50B, 50C и 50D, отводится из системы 100 в дополнение к вышеупомянутым извлеченным твердым веществам.

Варианты осуществления селективного сбора твердых веществ, особенно те, которые содержат несколько систем термической дистилляции, описанных выше, могут использоваться для извлечения/осаждения составляющих солей в любом потоке рапы.

Особую важность для электронной промышленности и сферы возобновляемых источников энергии представляет получение лития, который извлекается из солей лития. Соли лития являются, таким образом, ценным продуктом, который можно извлекать с помощью предпочтительных вариантов осуществления изобретения.

Имеются два основных источника солей лития, которые могут использоваться при получении лития, а именно морская вода, из которой можно получать бромид лития, и рапа из внутренних соляных озер, несколько из которых находятся в Боливии, из которой можно получить хлорид лития. Варианты осуществления изобретения могут использоваться для извлечения обеих этих солей процессом селективного сбора твердых веществ. Из-за разных составляющих и связанных с этим растворимостей в этих двух жидкостях соли лития будут осаждаться в разные моменты времени в процессе. Однако в обоих случаях механика процесса идентична, и выделение и сбор солей лития представляют собой естественную последовательность процесса селективного сбора твердых веществ и следуют тому же набору процедур, что и любая из других составляющих солей в этом процессе.

Обе эти соли отличаются высокой растворимостью и обычно осаждаются после многих других солей. В случае морской воды бромид лития является одной из нескольких солей в растворе и присутствует в очень низкой концентрации - приблизительно всего лишь $0,1-0,2 \text{ млн}^{-1}$. Поэтому извлеченный бромид лития будет представлять лишь малую фракцию от общего производства соли из морской воды или рапы.

Напротив, рапа ниже поверхности солончака Уюни на северо-западе Боливии исключительно богата хлоридом лития и содержит 50-70% разведанных мировых запасов лития, т.е. приблизительно 5000000 т. Рапа - это насыщенный раствор хлорида натрия, хлорида лития, хлорида магния и буры в воде. Литий находится в рапе под соляной коркой при относительно высокой концентрации - примерно 0,3%. Высокая концентрация хлорида лития и относительно простой химический состав насыщенной рапы делают ее идеально подходящей для извлечения с помощью предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фактически, все четыре фракции имеют значительную промышленную и хозяйственную ценность и могут сепарироваться с помощью системы и способа селективного сбора твердых веществ согласно настоящему изобретению.

Преимущественно в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления изобретения предлагаются система и способ, в которых "дистиллированная" жидкость и отделенные твердые вещества могут выходить непрерывно. Эти варианты осуществления имеют особую применимость в случае чрезвычайно минерализованной воды (например, морской воды) и вообще потоков с высоким общим содержанием солей, в отношении которых мембранные технологии и технологии обратного осмоса не могут эффективно использоваться. Поскольку система и способ согласно настоящему изобретению не связаны с мембранами, проблема засорения (связанная с этими мембранами) полностью исключается. Поскольку варианты осуществления действуют при сравнительно низкой температуре, образование накипи или засорение могут полностью исключаться или минимизироваться, как описано выше.

Преимущества систем и способов ZLD и селективного сбора твердых веществ в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления настоящего изобретения над стандартными методами восстановления твердых веществ включают

устранение необходимости в нескольких технологических ступенях (например, испарение, химическая обработка и охлаждение), этапах или вспомогательном оборудовании (например, концентраторы и кристаллизаторы рапы) для обеспечения селективного сбора твердых веществ и ZLD и, вместе с тем, возможность использования химической обработки, если эта обработка может увеличить объем и ценность восстановленных твердых веществ;

обеспечение промышленно ценного потока сепарированных твердых веществ посредством периодической обработки вместо простого создания выхода смешанных твердых веществ;

возможность эксплуатации в сочетании с базовым ZLD вариантом (селективный сбор твердых веществ не является существенным технологическим признаком изобретения);

факультативные внутрисистемные химические обработки воды для обеспечения или увеличения объема и ценности восстановленных твердых веществ;

возможность объединить систему/способ с дополняющими способами/системами водоподготовки и исключить потоки соляных растворов и создать несколько источников новых доходов.

Селективный сбор твердых веществ в предпочтительных вариантах осуществления изобретения, использующих его, в отличие от лишь одного ZLD-способа, включает технологию периодического процесса, в которой объемы вводимой в процесс поддающейся очистке жидкости являются фиксированными, и этот объем затем уменьшается до ввода еще одного фиксированного объема. Результатом этого процесса является последовательное растворение твердых веществ в соответствии с их относительной растворимостью. Что касается ZLD, создается шлам твердых веществ, а что касается селективного сбора твердых веществ, этот шлам проходит последовательное распределение на отдельные потоки шлама. Что касается ZLD, могут использоваться варианты дальнейшего обезвоживания, и процесс не создает потоков жидкости, кроме чистой восстановленной воды.

Система согласно настоящему изобретению может содержать несколько систем/устройств, каждая/каждое из которых сама или само по себе является предпочтительным вариантом осуществления изобретения и может, таким образом, обеспечить обработку остаточной рапы в сочетании с периодической обработкой, конструкцию испарительной камеры, обеспечивающую свободное протекание, центральный сбор твердых веществ, насос и сепаратор твердых веществ на основе гидроциклона специальной конструкции, связанный с каждой испарительной камерой.

Система в соответствии с конкретными предпочтительными вариантами осуществления изобретения содержит элемент границы раздела между химическими системами или фазами, расположенный в основании каждой испарительной камеры, между испаряющим "набивочным" материалом и основным резервуаром, насос химических веществ и управляемую, оснащенную клапанами систему распределения химических веществ, связанную с испарителями соседних ступеней, несущими секции границы раздела между химическими системами или фазами, устройство удаления/промывки или впуска увлажненного воздуха для обеспечения возможного образования или потребления газов, образующихся в результате химической обработки.

Система в соответствии с конкретными предпочтительными вариантами осуществления изобретения содержит оснащенную клапанами систему распределения шлама специальной разработки с несколькими выходными потоками шлама, средства дополнительного обезвоживания шлама с использованием механических или тепловых методов, применимых к каждому отдельному потоку шлама, средства для использования имеющегося сбросного тепла для термического обезвоживания и/или каналы, чтобы позволить остаточной воде после механического обезвоживания повторно поступать в процесс водоподготовки, тем самым обеспечивая, что процесс не будет создавать потоков жидкости, кроме чистой восстановленной воды.

Ссылки в настоящем описании на любую предыдущую публикацию (или информацию, взятую из нее) или на любой материал, являющийся известным, не являются и не должны рассматриваться как подтверждение или признание или какой-либо вид предположения, что эта предыдущая публикация (или информация, взятая из нее) или этот известный материал образует часть известного уровня техники в области, к которой относится настоящее описание.

Выше описаны различные варианты осуществления настоящего изобретения, однако следует понимать, что они представлены лишь для примера, а не для ограничения объема настоящего изобретения. Специалистам понятно, что возможны различные изменения в форме и деталях в пределах сущности и объема изобретения. Таким образом, настоящее изобретение не должно ограничиваться любым из выше-описанных примерных вариантов осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система термической дистилляции, содержащая контур для переноса потока поддающейся очистке жидкости, из которого необходимо извлечь жидкость ("контур жидкости");
 вход для подачи поддающейся очистке жидкости в контур жидкости ("вход для подачи жидкости");
 средства для циркуляции потока поддающейся очистке жидкости по контуру жидкости;
 нагревательные средства, расположенные в контуре жидкости для нагревания жидкости в потоке поддающейся очистке жидкости;
 охлаждающие средства, расположенные в контуре жидкости для охлаждения жидкости в потоке поддающейся очистке жидкости,
 где контур жидкости содержит первую секцию, предусмотренную между выходом из нагревательных средств и входом в охлаждающие средства, и вторую секцию, предусмотренную между выходом из охлаждающих средств и входом в нагревательные средства,
 причем система содержит также
 несколько ступеней дистилляции, причем каждая ступень включает испаритель, расположенный в первой секции и предназначенный для испарения жидкости из потока поддающейся очистке жидкости, конденсатор, расположенный во второй секции так, чтобы быть в теплообменной связи с потоком под-

дающей очистке жидкости во второй секции для осуществления конденсации в конденсаторе и нагревания потока поддающейся очистке жидкости во второй секции, контур, в котором расположены испаритель и конденсатор для переноса потока газа-носителя ("транспортирующий контур"), и выход для вывода из конденсатора жидкости, извлеченной из поддающейся очистке жидкости на ступени дистилляции;

средства для циркуляции газа-носителя в каждом транспортирующем контуре;

средства управления для изменения расхода газа-носителя в каждом транспортирующем контуре в соответствии с температурами жидкости, входящей и выходящей из каждого испарителя;

средства для извлечения твердых веществ, которые осаждают из потока жидкости при извлечении жидкости из него,

где указанные ступени дистилляции расположены таким образом, что их испарители расположены вдоль первой секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам, а их конденсаторы расположены в соответствующем порядке вдоль второй секции в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам;

транспортирующие контуры включают физически независимые контуры, так что каждый поток газа-носителя является операционно независимым от потока газа-носителя на одной или каждой другой ступени, при этом система конструктивно исполнена для циркуляции потока носителя в каждом транспортирующем контуре при давлении окружающей среды.

2. Система по п.1, где система конструктивно исполнена так, что обеспечивает температуру жидкости, выходящей из нагревательных средств, не превышающей ее точки кипения, а температуру жидкости, выходящей из охлаждающих средств, не ниже ее точки замерзания.

3. Система по любому из предыдущих пунктов, содержащая средства управления для изменения расхода жидкости в потоке жидкости.

4. Система по любому из предыдущих пунктов, где система действует таким образом, что в каждой паре смежных ступеней дистилляции газ-носитель, выходящий из конденсатора в испаритель на ступени, являющейся первой в направлении от нагревательных средств к охлаждающим средствам, поддерживается при той же температуре, что и газ-носитель, выходящий из испарителя в конденсатор на ступени, являющейся второй в указанном направлении.

5. Система по любому из предыдущих пунктов, где количество ступеней дистилляции равно двум.

6. Система по любому из предыдущих пунктов, где система выполнена с возможностью введения обрабатываемой текучей среды в контур жидкости и/или по меньшей мере в один из транспортирующих контуров для осуществления химического контроля в системе.

7. Система экстракции, содержащая

первое устройство, содержащее по меньшей мере одну систему термической дистилляции по любому из предыдущих пунктов, где вход каждой системы расположен для приема поддающейся очистке жидкости, содержащей несколько экстрагируемых составляющих, причем первое устройство предназначено для извлечения из поддающейся очистке жидкости по меньшей мере одной составляющей в твердом виде;

второе устройство, содержащее по меньшей мере одну систему термической дистилляции по любому из предыдущих пунктов ("дополнительная система"), где вход одной или каждой дополнительной системы предназначен для приема жидкости, из которой первым устройством извлечена по меньшей мере одна составляющая, причем второе устройство предназначено для извлечения из жидкости по меньшей мере одной дальнейшей составляющей в твердом виде.

8. Способ извлечения жидкости из поддающейся очистке жидкости посредством системы по п.1, в котором

циркулируют поток жидкости в контуре жидкости;

нагревают жидкость в потоке жидкости в месте нагрева;

потоки газа-носителя циркулируют при давлении окружающей среды в соответствующих контурах из контуров газа-носителя и включают физически независимые контуры, так что они являются операционно независимыми, и газ-носитель в соответствующих потоках газа-носителя контактирует в последующих местах из мест испарения, в порядке от первого потока газа-носителя к окончательному потоку газа-носителя, с поддающейся очистке жидкостью для осуществления испарения жидкости из поддающейся очистке жидкости, тем самым образуя пар, который переносят газом-носителем в транспортирующих контурах, и осуществляют охлаждение поддающейся очистке жидкости в контуре в местах испарения;

охлаждают жидкость в потоке жидкости в месте охлаждения;

осуществляют конденсацию в последующих местах из мест конденсации вдоль контура после места охлаждения и до места нагрева путем теплообмена между жидкостью в потоке жидкости и паром, который переносят в соответствующих потоках газа-носителя в порядке от окончательного потока газа-носителя к первому потоку газа-носителя, тем самым осуществляя конденсацию жидкости из потока газа-носителя и нагревание поддающейся очистке жидкости в контуре перед местом нагрева;

удаляют конденсированную жидкость и

сепарируют из жидкости твердые вещества, осаждаемые из потока жидкости в контуре жидкости

Таблица 1

Температуры на входе средств нагрева и охлаждения		
Выходная температура на горячей стороне	70,0	°C
Входная температура на холодной стороне	23,0	°C
Разность температур	6,4	°C

Таблица 2

Расход потока нагрева и холодильного агента		
Вода на холодной стороне	5,00	л/с
Вода VFR на горячей стороне	5,00	л/с
Соотношение расходов	1,00	
Расход воды		
Вода VFR на блок	5,00	л/с

Таблица 3

Характеристики блока холода		
Поток воздуха		
Увлажнитель	1,2	м (длина)
	0,9	м (ширина)
CSA	1,08	м ²
Скорость воздуха	2,41	м/с
Воздух VFR на блок	2,60	м ³ /с
Минимальная внутренняя приблизительная температура	2,00	°C
CSA увлажнителя	1,08	м ²
Скорость воздуха	2,41	м/с
Минимальная приблизительная температура	2,00	°C

Таблица 4

Характеристики блока тепла		
Поток воздуха		
Увлажнитель	1,2	м (длина)
	0,9	м (ширина)
CSA	1,08	м ²
Скорость воздуха	1,06	м/с
Воздух VFR на блок	1,14	м ³ /с
Минимальная внутренняя приблизительная температура	2,00	°C
CSA увлажнителя	1,08	м ²
Скорость воздуха	1,06	м/с
Минимальная приблизительная температура	2,00	°C

Таблица 5

Константы				
Путь потока	SG	Ср [кДж/кгК]	MFR [кг/с]	C [кВт/К]
Испарение в контуре холодного воздуха		7,57	2,76	20,89
Контур горячего воздуха		20,75	1,01	20,94
Контур воды	1,000	4,186	5,00	20,93
Контур холода	1,000	4,186	5,00	20,93
Контур тепла	1,000	4,186	5,00	20,93
Отношение L/G холода	1,812635127		Отношение сL/G холода	7,59
Отношение L/G тепла	4,95510712		Отношение сL/G тепла	20,74

Насыщенная
соленая вода 1,225 3,23

Таблица 6

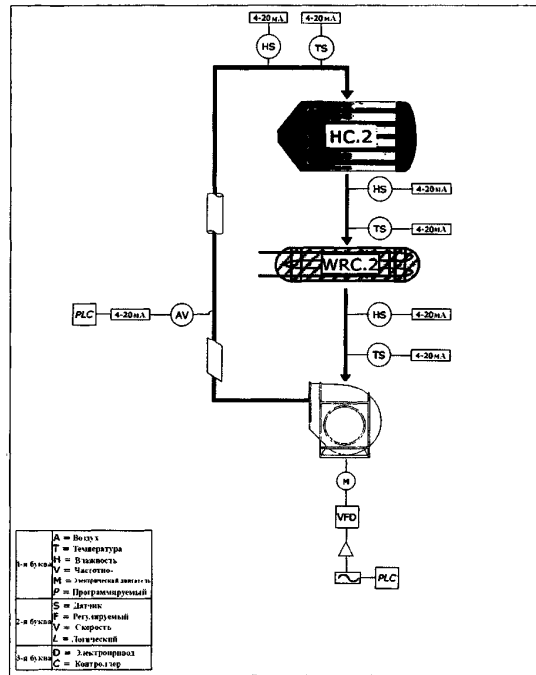
Тепловая характеристика GOR 6,01 133,44 кВт.ч/кл	Интенсивность испарения кВт/м ² CSA холод кВт/м ² CSA тепло	5,6 % 391,4 356,3
--	---	-------------------------

Требуемая нагрузка воды 16,67 м³/ч/м² CSA

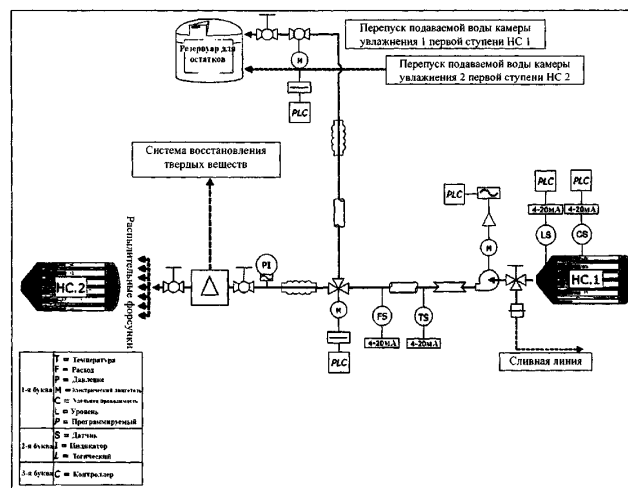
Фиг. 2В



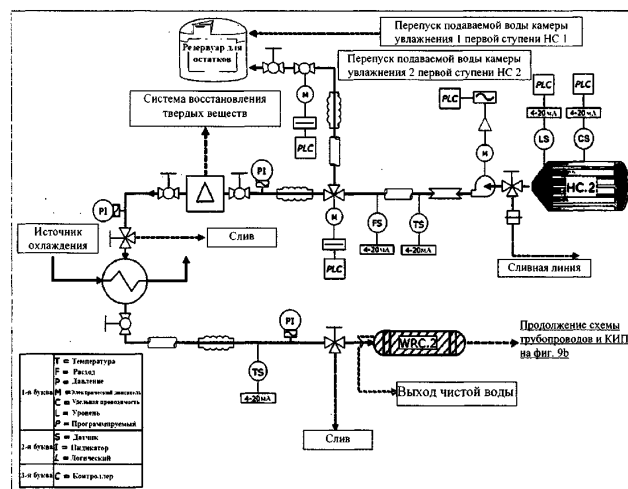
Фиг. 3



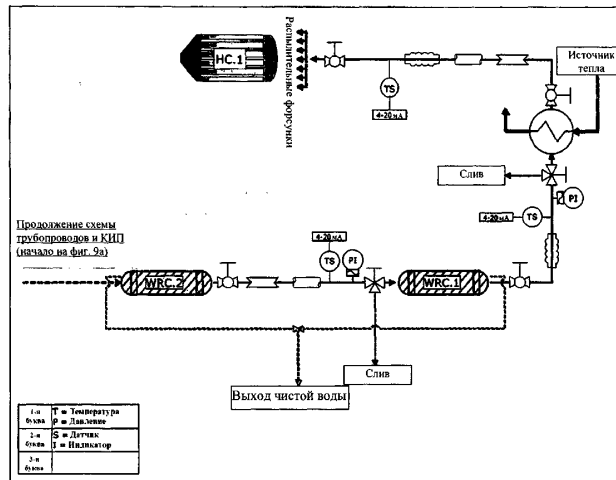
ФИГ. 7



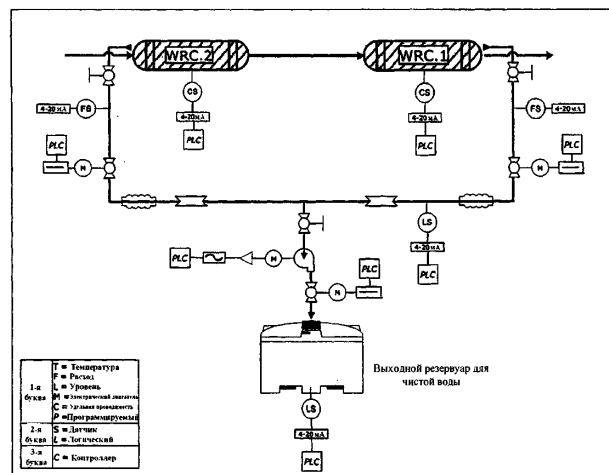
ФИГ. 8



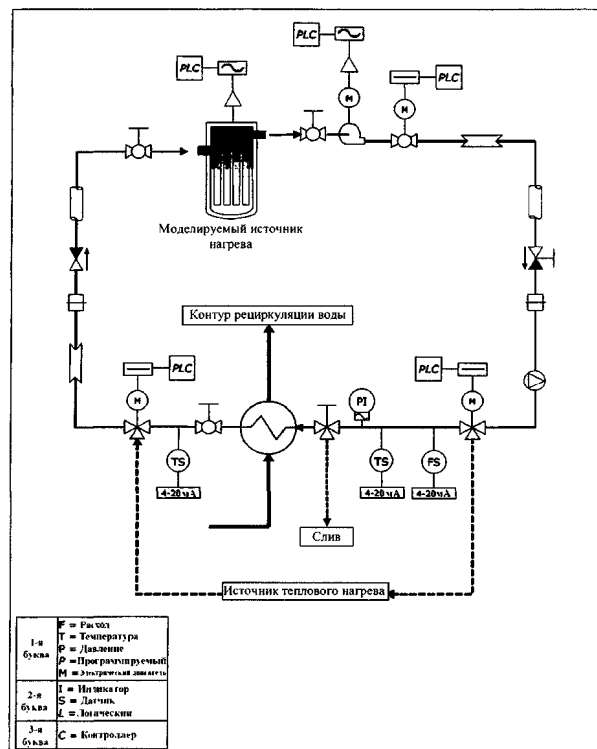
Фиг. 9А



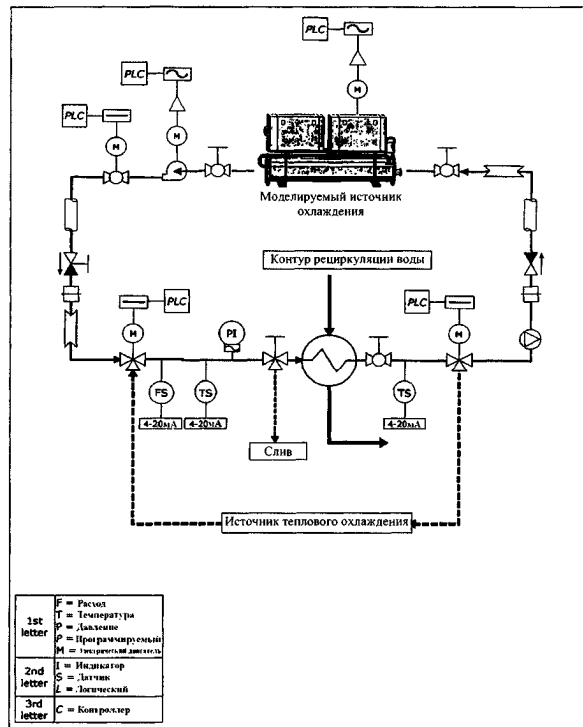
Фиг. 9В



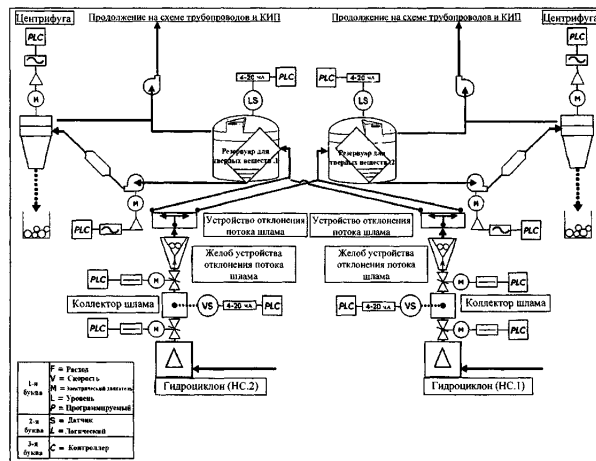
Фиг. 10



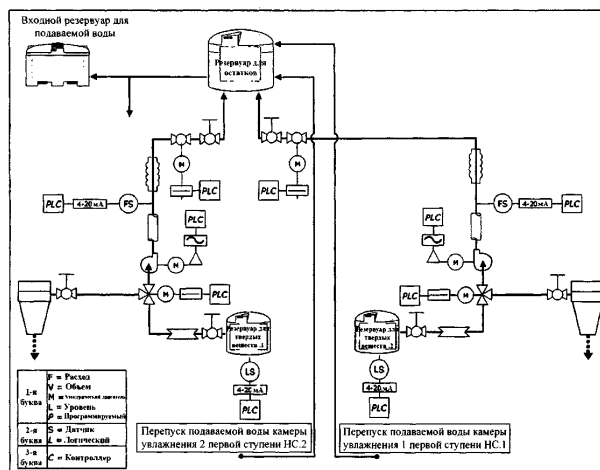
Фиг. 11



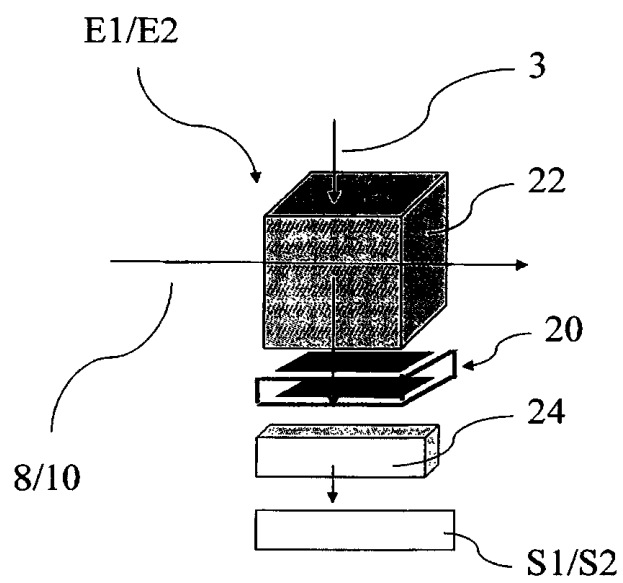
Фиг. 12



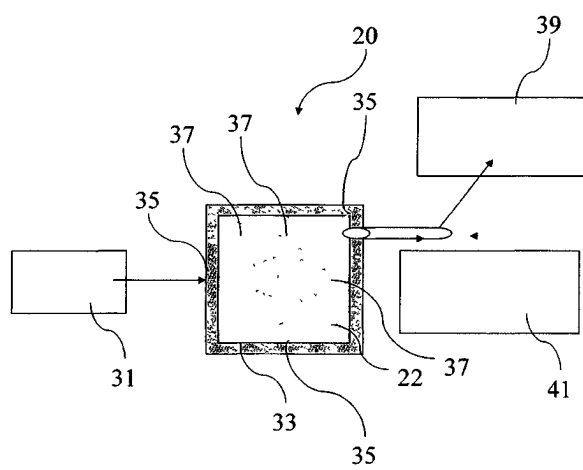
Фиг. 13



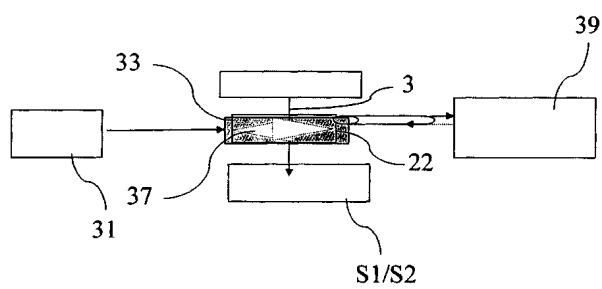
Фиг. 14



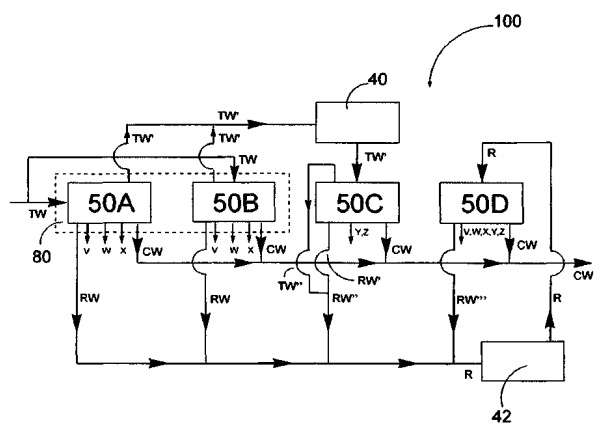
Фиг. 15



Фиг. 16А



Фиг. 16В



Фиг. 17

